

Produktivitas Tiga Genotipe Kedelai dengan Air Berbeda dan Kedalaman Muka Air pada Berbagai Kondisi Tanah di Pasang Surut

Productivity of Three Soybean Genotypes with Different Water and Water Depth on Various Land Conditions in Tidal Swamp

Hesti Pujiwati^{1,2}, Munif Ghulamahdi^{3*}, Sudirman Yahya³, Sandra A. Aziz³, dan Oteng Haridjaja⁴

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, Indonesia

³Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

⁴Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 23 Oktober 2015/Disetujui 11 Maret 2016

ABSTRACT

Soybean extensification on mineral and peaty mineral soils of tidal land are limited by Al and Fe toxicity. Modification of growing environment and the use of tolerant variety are the possible alternatives to overcome the limitation. The research was aimed to study soybean productivity in various soil types with different depth of water level and different water compositions. The experiment was held under mineral, peaty mineral soils with interaction types B and C of tidal swamp in Banyuasin, South Sumatera from May to August 2014. At each location, there was a three factor experiment was arranged in a split-split plot design. The first factor was two water depth (10 and 20 cm), the second factor was three varieties (Tanggamus, Cikuray, Ceneng) and third factor was three different water compositions (river water, peat water, high-tide water). The results showed productivity on mineral soil types C, peaty mineral soil types B, and mineral soil types B were 4:50, 3.65, 0:32 ton ha⁻¹ respectively. In peaty mineral soil types B, Ceneng with a depth of 20 cm water level resulted in highest productivity. In the mineral soil overflow type B, Cikuray with peat water composition had highest productivity.

Keywords: mineral, peaty mineral, sensitive, tolerant

ABSTRAK

Pengembangan kedelai di tanah mineral dan mineral bergambut lahan marginal pasang surut dibatasi oleh tingginya Al dan Fe. Perbaikan lingkungan tumbuh dan penggunaan varietas dapat dilakukan untuk mengatasi cekaman lingkungan di lahan sub optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan produktivitas kedelai pada berbagai jenis tanah dengan kedalaman muka air dan air yang berbeda. Penelitian ini dilaksanakan di tanah mineral bergambut tipe luapan B dan tanah mineral tipe luapan B dan C lahan pasang surut Banyuasin, Sumatera Selatan. Penelitian berlangsung selama 5 bulan yang dimulai pada bulan April sampai September 2014. Metode yang digunakan menggunakan rancangan acak lengkap split-split plot 3 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah ketinggian muka air yakni: ketinggian muka air 10 cm dan ketinggian muka air 20 cm. Faktor kedua adalah varietas yakni: Tanggamus sebagai pembandingan, Cikuray, Ceneng. Faktor ke-tiga adalah pemberian air yakni: air sungai air gambut dan air pasang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas pada tanah mineral tipe luapan C, mineral bergambut tipe luapan B, dan mineral tipe luapan B masing-masing sebesar 4.50, 3.65, 0.32 ton ha⁻¹. Pada tanah mineral bergambut tipe luapan B, Ceneng dengan kedalaman muka air 20 cm menghasilkan produktivitas tertinggi. Pada tanah mineral tipe luapan B, Cikuray dengan air gambut menghasilkan produktivitas tertinggi.

Kata kunci: mineral, mineral bergambut, peka, toleran

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: mghulamahdi@yahoo.com

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan tanaman pangan yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia karena berperan sebagai sumber protein nabati. Produksi kedelai pada tahun 2013 di Indonesia mencapai 780.16 ribu ton biji kering. Produksi tahun 2012 sebesar 843.15 ribu ton biji kering mengalami penurunan 63 ribu ton biji kering (7.47%) (Dirjen Tanaman Pangan, 2014). Kedelai hitam memiliki keunggulan dibandingkan dengan kedelai kuning. Berdasarkan penelitian Takahashi *et al.* (2005), kedelai hitam memiliki kandungan polyphenol yang lebih tinggi $29 \pm 0.56 \text{ mg g}^{-1}$ dibandingkan dengan kedelai kuning $0.45 \pm 0.02 \text{ mg g}^{-1}$. Selain itu, menurut Cheng *et al.* (2011) nilai IC50 (*inhibition concentration*) terhadap penghambatan dengan menggunakan metode *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil* (DPPH) pada fermentasi kedelai hitam sebesar 7.5 mg mL^{-1} , memiliki nilai lebih kuat sebagai antioksidan dibandingkan dengan vitamin E (*α-tocopherol*; 17.4 mg mL^{-1}) dan serupa dengan vitamin C (*ascorbic acid*; 7.6 mg mL^{-1}).

Peningkatan produksi kedelai hitam dapat melalui peningkatan luas areal tanam ke lahan marjinal (ekstensifikasi). Lahan pasang surut merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi semakin menyusutnya lahan-lahan subur di pulau Jawa akibat konversi lahan. Pengembangan budidaya tanaman di lahan pasang surut memiliki kendala yaitu tingginya kandungan Al dan Fe. Oksidasi pirit menyebabkan peningkatan ion H^+ . Nilai pH yang rendah menyebabkan penghancuran kisi-kisi mineral liat sehingga silikat dan Al^{3+} terlepas dari sulfat masam. Konsentrasi ion logam yang berlebihan dalam larutan akan menyebabkan keracunan tanaman. Pencegahan oksidasi pirit dapat dilakukan dengan pengelolaan air dan pemberian air dengan komposisi yang berbeda.

Salah satu usaha pengelolaan air dapat dilakukan dengan teknologi budidaya jenuh air yang merupakan penanaman dengan memberikan irigasi terus-menerus dan membuat kedalaman muka air tetap, sehingga lapisan di bawah permukaan tanah jenuh air. Kedalaman muka air tetap akan menghilangkan pengaruh negatif dari kelebihan air pada pertumbuhan tanaman, kemudian akan beraklimatisasi dan selanjutnya tanaman memperbaiki pertumbuhannya. Banyaknya bintil dan akar tanaman kedelai pada budidaya jenuh air akan meningkatkan serapan hara daun, sehingga meningkatkan hasil kedelai dibandingkan cara konvensional (Ghulamahdi *et al.*, 2009).

Tingginya harga dan keterbatasan kapur di lahan pertanian untuk meningkatkan pH dan mengatasi cekaman Al dan Fe khususnya di lahan pasang surut menyebabkan pentingnya mencari alternatif bahan yang tersedia di sekitar lahan pasang surut. Air gambut ketersediaannya cukup banyak dan mudah diperoleh di lahan pasang surut yang dapat dijadikan sebagai sumber asam-asam organik yang dapat mengkelat Al dan Fe. Penambahan asam organik pada tanah masam menyebabkan ligan organik bereaksi dengan ion logam membentuk kompleks sehingga ion logam yang meracuni tanaman dapat diperkecil. Hasil penelitian

Ernawati *et al.* (2007) menunjukkan bahwa penyiraman air gambut 2.4 L kg^{-1} tanah dapat menurunkan Al-dd dan meningkatkan pH tanah masam.

Penggunaan varietas kedelai hitam yang toleran Al dan Fe dan penggunaan air serta pengaturan tinggi muka air diharapkan meningkatkan produktivitas kedelai hitam di lahan pasang surut. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan produktivitas kedelai pada berbagai jenis tanah dengan kedalaman muka air dan air yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada 3 kondisi tanah (mineral tipe luapan C, mineral tipe luapan B dan mineral bergambut tipe luapan B) di lahan pasang surut Banyuasin, Sumatera Selatan. Penelitian berlangsung selama 5 bulan yang dimulai pada bulan Mei sampai Agustus 2014. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap *split-split plot* 3 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah ketinggian muka air yaitu: kedalaman muka air 10 cm dan kedalaman muka air 20 cm. Faktor kedua adalah varietas yaitu: Tanggamus (sebagai pembanding), Cikuray, dan Ceneng. Faktor ketiga adalah pemberian air yaitu: air sungai, air gambut, dan air pasang.

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: tanah lapisan atas diolah ringan. Air diberikan seminggu sekali dengan dosis 2.4 L kg^{-1} tanah dengan disiramkan pada permukaan tanah. Air sungai berasal dari sungai di saluran primer lahan pasang surut, air pasang berasal dari saluran sekunder lahan pasang surut, air gambut berasal dari air gambut lahan pasang surut tipe luapan B. Pupuk dasar diberikan 1 minggu sebelum tanam. Pupuk dasar terdiri atas: 100 kg ha^{-1} KCl dan 200 kg ha^{-1} SP36. Pupuk Urea diberikan melalui daun dengan dosis 10 g L^{-1} air diberikan pada umur 2 dan 4 minggu setelah tanam dengan volume semprot 400 L ha^{-1} maka kebutuhan urea sebesar 4 kg ha^{-1} . Benih yang telah diberi inokulan *Rhizobium* sp. (5 g kg^{-1} benih) dan Marshal (insektisida berbahan aktif *karbosulfon* 25.53%) ditanam dengan jarak tanam $40 \text{ cm} \times 12.5 \text{ cm}$ dengan ukuran petak percobaan $2 \text{ m} \times 4 \text{ m}$.

Penanaman menggunakan sistem budidaya jenuh air (BJA). Selama penelitian ketinggian muka air dalam saluran dipertahankan 10 cm dan 20 cm sesuai perlakuan dengan memasukkan air dari saluran tersier ke dalam saluran. Bambu berskala dipasang pada setiap saluran air untuk membantu mengontrol kedalaman muka air. Air untuk mempertahankan kondisi jenuh air diperoleh dari saluran tersier di lahan pasang surut.

Kegiatan pemeliharaan meliputi penyiangan gulma serta pengendalian hama dan penyakit. Kedelai hitam dipanen jika sudah menunjukkan masak fisiologis yang ditandai dengan menguningnya daun dan polong berwarna coklat kehitaman. Pengamatan dilakukan terhadap karakter pertumbuhan dan hasil kedelai.

Data penelitian dianalisis dengan sidik ragam pada taraf 5% dan jika berpengaruh nyata dilanjutkan dengan DMRT. Perbandingan pertumbuhan dan hasil kedelai pada lokasi yang berbeda dianalisis menggunakan uji t student.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Pembatas Pertumbuhan Tanaman

Kondisi tanah yang berbeda mempengaruhi cekaman abiotik. Secara umum Al dan Fe merupakan faktor pembatas pertumbuhan tanaman di lahan pasang surut kecuali pada tanah mineral tipe luapan C (Tabel 1). Pada tanah mineral tipe luapan C, Al dan Fe termasuk rendah masing-masing sebesar 1.45 dan 11.74 me 100 g⁻¹ dan pada tanah mineral bergambut tipe luapan B, Al sebesar 2.5 ppm termasuk rendah tetapi kadar Fe yang sangat tinggi sebesar 58.76 ppm merupakan faktor pembatas. Pada tanah mineral tipe luapan B, Al dan Fe merupakan faktor pembatas dengan kadar Al dan Fe masing-masing sebesar 8.09 dan 69.5 ppm yang termasuk tinggi dan sangat tinggi. Marcshner (2012) menyatakan bahwa tanah masam menjadi faktor penghambat pertumbuhan tanaman karena 1) tingginya konsentrasi H⁺ sehingga dapat menjadi keracunan H⁺, 2) tingginya konsentrasi Al sehingga dapat terjadi keracunan Al, 3) rendahnya konsentrasi kation unsur makro sehingga menimbulkan defisiensi Mg, Ca, dan K, 4) penurunan kelarutan P dan Mo, 5) menyebabkan penghambatan pertumbuhan akar dan penyerapan air sehingga menyebabkan kekurangan unsur hara, cekaman kekeringan dan peningkatan pencucian unsur hara.

Pemberian air digunakan untuk mengurangi faktor pembatas terhadap cekaman Al dan Fe. Kandungan air

mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman di tanah bercekaman. Tabel 2 menunjukkan bahwa air sungai, gambut, dan air pasang memiliki komposisi yang berbeda. Air gambut memiliki kandungan asam humik dan fulfik masing-masing sebesar 4.46 dan 0.87 ppm. Kandungan asam humik dalam penelitian ini lebih tinggi daripada kandungan asam humik pada penelitian Ernawati *et al.* (2007) yang menunjukkan kandungan asam humik sebesar 3.46 ppm.

Pertumbuhan dan Hasil Kedelai

Pertumbuhan dan hasil kedelai pada tiga kondisi tanah menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Secara umum tanah mineral C menghasilkan pertumbuhan dan hasil yang nyata lebih tinggi dibandingkan mineral bergambut dan mineral B. Mineral C bobot tajuk meningkat secara nyata lebih tinggi sebesar 77.64 g, bobot akar 3.24 g, jumlah polong 95.74 dan produktivitas 4.60 ton ha⁻¹ (Gambar 1).

Produktivitas kedelai di lahan pasang surut beragam berdasarkan kondisi tanah dan tipe luapan. Tingkat kesuburan tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Tanah mineral C memiliki faktor pembatas pertumbuhan yang paling sedikit dibandingkan mineral bergambut dan mineral B terutama kadar Al dan Fe yang rendah masing-masing sebesar 1.45 me 100 g⁻¹ dan 2.5 ppm (Tabel 1).

Gejala keracunan Al adalah penghambatan pertumbuhan akar (Zhang *et al.*, 2007). Penghambatan pertumbuhan akar akan mengurangi vigor dan hasil tanaman (Kochian *et al.*, 2005). Pengaruh utama cekaman Al dalam menghambat pertumbuhan akar tanaman tampak pendek dan tebal (de Macedo *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2011;

Tabel 1. Hasil analisis tanah awal lahan mineral C, mineral B dan mineral bergambut

Kriteria	Mineral (Tipe luapan C)	Mineral (Tipe luapan B)	Mineral bergambut (Tipe luapan B)
1. pH H ₂ O	4.50 (masam)	4.30 (sangat masam)	4.20 (sangat masam)
2. pH KCl	3.70 (sangat masam)	3.50 (sangat masam)	3.30 (sangat masam)
3. C Organik (%)	3.40 (mineral)	5.40 (mineral)	38.00 (mineral bergambut)
4. N total (%)	0.22 (sedang)	0.34 (sedang)	1.85 (sangat tinggi)
5. P tersedia (ppm)	7.66 (sedang)	27.50 (sangat tinggi)	45.80 (sangat tinggi)
6. Ca (me 100 g ⁻¹)	5.65 (sedang)	4.29 (sedang)	8.30 (sedang)
7. Mg (me 100 g ⁻¹)	6.15 (tinggi)	2.30 (tinggi)	2.76 (tinggi)
8. K (me 100 g ⁻¹)	0.32 (sedang)	0.67 (tinggi)	0.71 (tinggi)
9. Na (me 100 g ⁻¹)	1.74 (sangat tinggi)	0.41 (sedang)	0.45 (sedang)
10. KTK (me 100 g ⁻¹)	28.43 (tinggi)	27.89 (tinggi)	89.68 (sangat tinggi)
11. Al (me 100 g ⁻¹)	1.45 (rendah)	8.09 (tinggi)	2.50 (rendah)
12. Mn (ppm)	19.05 (tinggi)	2.87 (sedang)	24.85 (sangat tinggi)
13. Fe (ppm)	11.74 (rendah)	69.85 (sangat tinggi)	59.76 (sangat tinggi)
14. KB (%)	48.75 (sedang)	27.50 (rendah)	13.60 (sangat rendah)

Sumber: Laboratorium Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan IPB (2014). Kriteria: Badan penelitian dan pengembangan pertanian 2012

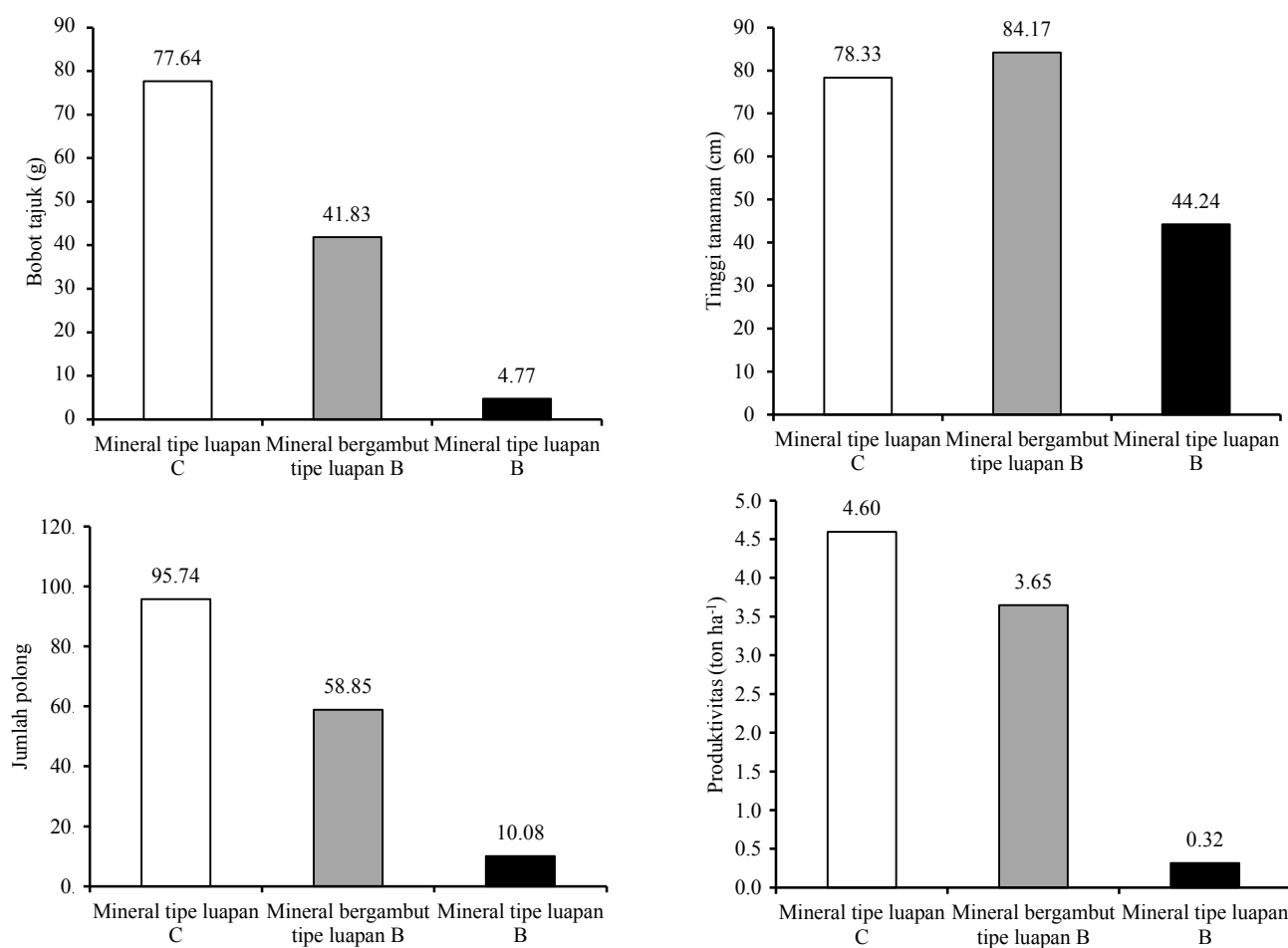
Delhaize *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2012). Pengaruh Al terhadap penyerapan hara terjadi karena gangguan sistem perakaran, dan gangguan penyerapan hara juga terjadi karena pengaruh

langsung interaksi Al dengan fosfor (P) sehingga P menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Kekahatan P sangat menghambat proses pembelahan sel dan fotosintesis (Marschner, 2012),

Tabel 2. Analisis kandungan air

No	Kriteria	Air gambut	Air sungai	Air pasang
1	pH	4.30	6.10	4.30
2	C-organik (mg C/liter)	175.60	51.70	58.75
3	N-total (mg N/liter)	27.86	27.86	12.82
4	P-total (ppm)	0.38	0.62	34.98
5	K-total (ppm)	1.63	7.38	4.25
6	Ca-total (ppm)	1.43	3.09	1.30
7	Mg-total (ppm)	0.44	1.71	4.38
8	Fe-total (ppm)	0.76	0.07	2.27
9	Cu-total (ppm)	ttd	0.02	0.33
10	Zn-total (ppm)	0.04	0.33	0.08
11	Mn-total (ppm)	ttd	1.97	0.32
12	Asam humik (ppm)	3.46		
13	Asam fulfik (ppm)	0.87		

Keterangan: ttd = tidak terdeteksi



Gambar 1. Perbandingan pertumbuhan dan hasil kedelai pada tanah mineral C, mineral bergambut, dan mineral B

sehingga menjadi kendala dalam produksi tanaman di tanah masam (Kochian *et al.*, 2004; Zheng, 2010). Xiabiong *et al.*, (2008) menyatakan bahwa pemilihan genotipe merupakan langkah awal yang menentukan keberhasilan penanaman kedelai. Noya *et al.* (2014) menunjukkan bahwa genotipe toleran memiliki kadar Al pada akar yang lebih rendah dibandingkan dengan genotipe peka. Keracunan Fe menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil. Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa pembentukan klorofil terhambat karena dua atau tiga macam enzim yang mengkatalisis reaksi tertentu dalam sintesis klorofil tampaknya memerlukan Fe^{2+} .

Produktivitas Kedelai pada Berbagai Kondisi Tanah dengan Kedalaman Muka Air dan Air yang Berbeda

Secara umum produktivitas kedelai pada tanah mineral tipe C nyata lebih tinggi dibandingkan tanah mineral dan mineral bergambut tipe B (Tabel 3). Produktivitas kedelai mineral C pada kedalaman muka air 10 cm, semua air yang diberikan tidak berpengaruh pada varietas Tanggamus, Cikuray, dan Ceneng dengan air sungai menghasilkan produktivitas tertinggi masing-masing sebesar 2.06 dan 1.73 ton ha⁻¹. Kedalaman muka air 20 cm, produktivitas Tanggamus tertinggi pada air pasang sebesar 5.95 ton ha⁻¹ tetapi tidak berbeda dengan Cikuray dan Ceneng pada semua air kecuali pada Ceneng dengan air pasang sebesar 3.07 ton ha⁻¹.

Produktivitas kedelai mineral bergambut kedalaman muka air 20 cm pada Ceneng tertinggi sebesar 5.11 ton ha⁻¹. Kumudini *et al.* (2007) menyatakan bahwa selain faktor lingkungan, sifat genetik tanaman sangat mempengaruhi fase reproduktif tanaman kedelai. Selanjutnya Xiabiong *et al.* (2008) menyatakan bahwa, pemilihan genotipe merupakan langkah awal yang menentukan keberhasilan penanaman kedelai.

Pada tanah mineral bergambut tipe luapan B, kedalaman 20 cm secara nyata lebih lebih baik dibandingkan kedalaman 10 cm. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Sagala *et al.* (2011), menunjukkan bahwa perlakuan pengaturan kedalaman muka air 20 cm menghasilkan 4.63 ton ha⁻¹. Selanjutnya Ghulamahdi *et al.* (2009) menyimpulkan bahwa kedalaman muka air 20 cm merupakan kedalaman terbaik secara ekonomi (lebih murah) yang tetap dapat menghasilkan produktivitas tinggi. Cekaman ganda Al dan Fe pada tanah mineral luapan B menyebabkan perlakuan ketinggian muka air tidak berbeda nyata.

Tidak adanya perbedaan pertumbuhan dan hasil pada tanah mineral bergambut tipe luapan B dengan perlakuan disebabkan karena tanah mineral bergambut pada penelitian ini memiliki lapisan bahan organik pada lapisan tanah dan tanah mineral bergambut dipengaruhi oleh kondisi pasang besar yang masuk ke lahan.

Produktivitas kedelai Cikuray pada tanah mineral tipe luapan B kedalaman 20 cm menghasilkan produktivitas tertinggi sebesar 0.58 ha⁻¹. Cekaman ganda Fe dan Al pada tanah mineral tipe luapan B dapat ditekan dengan penggunaan air gambut. Pujiwati *et al.* (2015a) menunjukkan bahwa air gambut mampu meningkatkan hasil kedelai pada tanah mineral lahan pasang surut. Menurut Hue *et al.* (1986) bahwa air gambut mengandung asam-asam organik yang dapat mengurangi cekaman Al dan Fe.

Produktivitas tertinggi dengan perlakuan air gambut pada penelitian ini hanya mencapai 0.58 ton ha⁻¹ menunjukkan bahwa air yang diberikan tidak mampu menekan cekaman Al dan Fe sehingga selain air masih diperlukan kapur pada tanah mineral tipe luapan B. Pujiwati *et al.* (2015b) menunjukkan bahwa air gambut dapat mengefisienkan penggunaan kapur hingga 75% dengan produktivitas 2 ton ha⁻¹.

Tabel 3. Rata-rata produktivitas tanaman kedelai (ton ha⁻¹) pada berbagai perlakuan kedalaman muka air dan air yang berbeda

Var	Mineral (tipe luapan C)			Mineral bergambut (tipe luapan B)			Mineral (tipe luapan B)		
	Air sungai	Air gambut	Air pasang	Air sungai	Air gambut	Air pasang	Air sungai	Air gambut	Air pasang
Kedalaman muka air 10 cm									
Ta	3.18Aa	3.48Aa	3.14Aa	2.62Ba	3.04Aa	2.85Aa	0.14Ab	0.51Aa	0.17Ab
Ci	2.06Aa	1.86Ba	1.79Ba	2.79Ba	3.06Aa	4.57Aa	0.22Ab	0.49Aa	0.20Ab
Ce	1.73Aa	0.90Ba	0.88Ca	3.64Aa	2.62Ab	2.77Aab	0.12Aa	0.49Aa	0.37Aab
Kedalaman muka air 20 cm									
Ta	4.31Aa	4.23Aa	5.95Aa	4.52Aa	3.67Ab	3.98Ab	0.13Aa	0.30Aa	0.16Aa
Ci	4.72Aa	4.52Aa	5.35Aa	4.27Aa	3.74Aa	3.31Aa	0.34Aa	0.58Aa	0.40Aab
Ce	3.26Aa	3.60Aa	3.07Ba	5.11Aa	4.61Aa	4.46Aa	0.27Aa	0.30Aa	0.50Aa

Keterangan: Huruf kapital di belakang angka membandingkan antar varietas dan huruf kecil di belakang angka membandingkan jenis air; huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf 5% Ta = Tanggamus, Ci = Cikuray, Ce = Ceneng

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor pembatas mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Pada tanah mineral bergambut yang menjadi faktor pembatas adalah Fe sedangkan pada tanah mineral tipe luapan B adalah Al dan Fe. Pada tanah mineral bergambut tipe luapan B, Cenang dengan kedalaman muka air 20 cm menghasilkan produktivitas tertinggi sebesar 5.11 ton ha⁻¹. Pada tanah mineral tipe luapan B, produktivitas cikiray dengan air gambut sebesar 0.58 ton ha⁻¹.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian skema Hibah Doktor tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, K.C., J.T. Lin, W.H. Liu. 2011. Extracts from fermented black soybean milk exhibit antioxidant and cytotoxic activities. *Food Technol. Biotechnol.* 49:111-117.
- Delhaize, E., J.F. Ma, P.R. Ryan. 2012. Transcriptional regulation of aluminium tolerance genes. *Review. Trends in Plant Sci.* 17:341-348.
- de Macedo, C.E., V.V.S. Jan, J.M. Kinet, S. Lutts. 2009. Effect of aluminium on root growth and apical root cells in rice (*Oryza sativa* L) cultivars. Reliability of screening test to detect Al resistance at the seedling stage. *Acta Physiol Plant.* 31:1255-1262.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2014. Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan 2013. Kementerian Pertanian RI Direktorat Jenderal Tanaman Pangan.
- Ernawati, H., S. Yahya, M. Ghulamahdi, S. Sabihah. 2007. Sifat-sifat kimia, komposisi dan kandungan asam organik gambut dan air gambut Kelurahan Bereng Bengkel Kalimantan Tengah. *Anterior* 1:1-9.
- Ghulamahdi, M., M. Melati, D. Sagala. 2009. Production of soybean varieties under soil culture on tidal swamps. *J. Agron. Indonesia* 37:226-232.
- Hue N.V., G.R. Cradock, F. Adams. 1986. Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoil. *Soil Sci. Soc. Am J.* 50.
- Kochian, L.V., M.A. Pineros, O.A. Hoekenga. 2005. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant Soil* 274:175-195.
- Kumudini, S., P. Pallikonda, C. Steele. 2007. Photoperiod and E-genes directly influence the duration of soybean reproductive development. *Crop Sci.* 47:1510-1577.
- Li, T., P. Yang, A. Zhang, X. Zou, L. Peng, R. Wanmg. J. Yang, Y. Qi. 2012. Differential responses of the diazotrophic community to aluminium-tolerant and aluminium-sensitive soybean genotypes in acidic soil. *European J. Soil Biol.* 53:76-85.
- Marshner, H. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. Academic Press Harcourt Brace and Company Publishers, London.
- Noya, A.I., M. Ghulamahdi, D. Sopandie, A. Sutandi, M. Melati. 2014. Interactive effects of aluminum and iron on several soybean genotypes grown in nutrients solution. *Asian J. Plant Sci.* 13:18-25.
- Pujiwati, H., M. Ghulamahdi, S. Yahya, S.A. Aziz, O. Haridjaja. 2015a. The application of peaty mineral soil water in improving the adaptability of black soybean toward aluminium stress on tidal mineral soil with saturated water culture. *J. Agrivita* 37:284-289.
- Pujiwati, H., M. Ghulamahdi, S. Yahya, S.A. Aziz, O. Haridjaja. 2015b. Efisiensi pengapuran dengan ameliorasi air gambut memperbaiki adaptasi kedelai hitam (*Glycine soja*) terhadap cekaman Al dan Fe di lahan pasang surut. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal di Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya*.
- Sagala, D., M. Ghulamahdi, M. Melati. 2011. Pola serapan hara dan pertumbuhan beberapa varietas kedelai dengan budidaya jenuh air di lahan pasang surut. *J. Agroqua.* 9:1-8.
- Salisbury, F.B., C.W. Ross. 1995. *Fisiologi tumbuhan* Jilid 1. ITB. Bandung.
- Takahashi, R., R. Ohmori, C. Kiyose, Y. Momiyama, F. Ohsuzu, K. Kondo. 2005. Antioxidant activities of black and yellow soybeans against low density lipoprotein oxidation. *J. Agric Food Chem.* 53:4578-4582.

- Xiaobing, L., J. Jian, W. Guanghua, S.J. Herbert. 2008. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. Review. Field Crop Res. 105:157-159.
- Yu, H.N., P. Liu, Z.Y. Wang, W.R. Chen, G.D. Xu. 2011. The effect of aluminium treatment on the root growth and cell ultrastructure of two soybean genotypes. Crop Protection 30:323-328.
- Zhang, J., Z. He, H. Tian, G. Zhu, X. Peng. 2007. Identification of aluminium-responsive genes in rice cultivars with different aluminium sensitivities. Exp. Bot. 58:2268-2278.
- Zheng, S.J. 2010. Crop production on acidic soils: Overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency. Ann. Bot. 106:183-184.